

国産半閉鎖回路ヘリウム-酸素潜水器
(ejector型)の特性
その2 炭酸ガス吸収機能

横須賀地区病院 潜水医学実験部 伊藤善三郎 中山英明 大岩弘典
杉本英雄 伊藤敦之 秋吉雅文
森田明紀 小此木圓明

目的：OH型の炭酸ガス吸収能力の適否を決めるのは再循環装置の ejector 流量（循環流量 = キャニスター流量）であり，ノズル供給圧，深度，及びガス密度で決まる。前項の成績から3種の炭酸ガス吸収剤を用い，要求性能（その1参照）に合致した運用法及び吸収剤と選択する。

実験方法：図1に示すように実物ヘルメットに人形を組み入れ，高压室内で深度0~120m(0~384ft)，He-O₂(80-20%)混合ガス及び純O₂使用時の最適の炭酸ガス吸収効果と示す供給圧-流量を決定した。ダミー（人形）よりヘルメット内に排泄されるCO₂量は1mの深度でも1l/min(NTP)にほぼように regulator-orifice を用いて調整した。（このCO₂排泄量は毎分当りでは中等度の作業，毎時当りではかなりの重労働を課したものと同等である。）なおヘルメット内のCO₂濃度はキャニスターの前（呼気に当る）及び後（吸気に当る）で測定（Gas Chromatograph）し，同時にヘルメット内及びキャニスター内温度とヘルメット内湿度を測定（thermistor thermography）した。3種（ソーダライム（Soda Sorb），バラライム，ワコーライム）の炭酸ガス吸収剤（物理化学的性状を表1に示す）はそれぞれポラスチック製のキャニスターパックに約3lbs(1kg強)づつ入るが，パックの前後には8 mesh のいわゆる“じょう板”があり吸収効果を増すように配慮されている。深度，供給圧，呼吸ガスに合致した炭酸ガス吸収剤の決定のために各深度における1吸収剤当り1時間のヘルメット内CO₂蓄積量を測定し，生理的評価は分圧換算から大気圧濃度に補正したものを利用した。炭酸ガス吸収剤の1パック当りの最大使用時間は連続7時間測定とあつたものである。

結果：深度0~30mの範囲ではノズル供給圧を100psi(7kg/cm²)で供給ガスHe-O₂(80-20%)では循環流量が200l/min~125l/minであり，毎分1lのCO₂排泄量に対し，キャニスターの吸収効果を認め得た。（キャニスター流量が多すぎる。）供給圧50psi(3.5kg/cm²)，使用ガスHe-O₂(80-20%)，深度0~30mの場合，深度0mでは循環流量は120l/min(NTP)とあつたが，吸収効果は3種間で大きな差が認められ（図2）。ワコーライムでは1時間値2.34%で大気圧環境下ですべて3%（許容量とみならず）に近く，深度20mですべて許容量と越えてしまうので不適当とみられた。ソーダライムは0.29%，バラライム

炭酸ガス吸収能力試験図

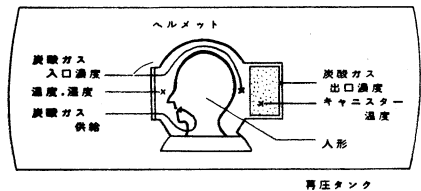


表1

3種の炭酸ガス吸収剤の性状 化学的性状

	化学式	重量容積法	粒子の大きさ(直径)
ソーダライム	H ₂ O+CO ₂ → H ₂ CO ₃ 2NaOH+H ₂ CO ₃ → Na ₂ CO ₃ +2H ₂ O Ca(OH) ₂ +2H ₂ CO ₃ → CaCO ₃ +2H ₂ O	275 L CO ₂	4.8mm(0.9)
ワコーライム	上記と同じ	236 L CO ₂	6.7mm(1.8)
バラライム	Ba(OH) ₂ ・8H ₂ O+CO ₂ → BaCO ₃ +8H ₂ O Sr(OH) ₂ +CO ₂ → SrCO ₃ +H ₂ O 2Ca(OH) ₂ +CO ₂ → CaCO ₃ +2H ₂ O Ca(OH) ₂ +K ₂ CO ₃ → CaCO ₃ +2KOH	230 L CO ₂	4.5mm(1.3)

※1パックは1kg入り0.8kg

	容 積		吸 収 量		吸 収 率	
	全容量	使用後残量	容積当り	容積当り	容積当り	容積当り
ソーダライム	0.41kg(0.09)	0.80kg(0.08)	0.08%(0.08)	0.17%(0.01)	18.0%(0.22)	13.2%(0.09)
ワコーライム	0.46kg(0.04)	0.80kg(0.18)	0.08%(0.18)	0.28%(0.28)	16.2%(0.28)	10.2%(0.28)
バラライム	0.78kg(0.28)	1.09kg(0.18)	1.08%(0.28)	0.28%(0.28)	18.2%(0.28)	16.2%(1.4)

※ 炭酸ガス吸収剤キャニスター-充満状態で毎分1Lの炭酸ガスを供給し1時間測定

は0.9%であった。なおソーダライムの吸収効果の時間的推移は他の2種に比し平均しており良い状態を示した。深度30mにおけるソーダライム使用時の結果は0mにおけるものと全く同一であった(図3)。

供給圧100psi (7kg/cm²)を用い、使用ガスHe-O₂ (80-20%)、深度30~120mの場合、深度40mにおける1時間後のヘルメット内CO₂濃度はソーダライムでは深度0mの場合と同一であったが、バウライム使用では1.18%に達し、生理値5.8%を示し、30m以上の深度での不適を認められた(図4)。深度60, 80mでのソーダライム使用時における吸収能力はそれ以下の深度と同一であり、このことから、ソーダライム使用ではいかなる深度でも1時間経過後のヘルメット内CO₂濃度は0.3%を越えず、生理値の許値から、深度90mまで1時間当り1回、それ以上の深度では30分当り1回の全換気で安全に使用し得ることを認められた(図4)。1パットの最大使用時間の測定でも、与えられた条件下でソーダライムを使用する限り最大7時間の連続使用に耐えられることを認められた(図3)。減圧時O₂呼吸の必要性から深度15及び12m (50ft及び40ft)で純O₂使用時の炭酸ガス吸収効果は、供給圧75psi (5kg/cm²)で循環流量は100l/min (NTP)となり、ソーダライム使用に対し十分な吸収能力(1時間後0.3%-生理値0.48%)を示し実用に供し得ることを認められた(図4)。なおソーダライムと吸収剤として使用中のキャニスター内温度は吸収効果を示す温度上昇を認め、且つヘルメット内温・湿度も適当な状態を維持し得た。

考察：炭酸ガス吸収能力と最適な状態にするためには、キャニスター流量(循環流量)を130l/min (NTP)にする必要があり、ノズル供給圧-流量関係から、深度0~30mでは50psi (3.5kg/cm²)、30m~120mでは100psi (7.0kg/cm²)とし、減圧時純O₂呼吸では深度50及び40ftで供給圧を75psi (5kg/cm²)とする必要がある。炭酸ガス吸収剤はソーダライム (Soda Sorb) と用いる。

図2

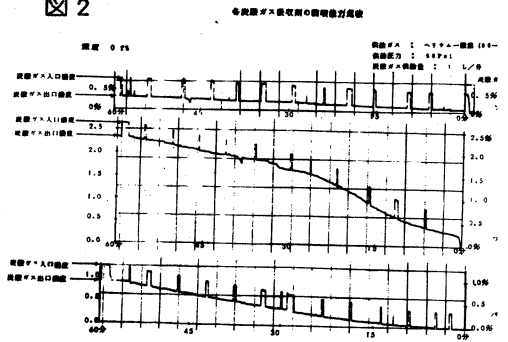


図3

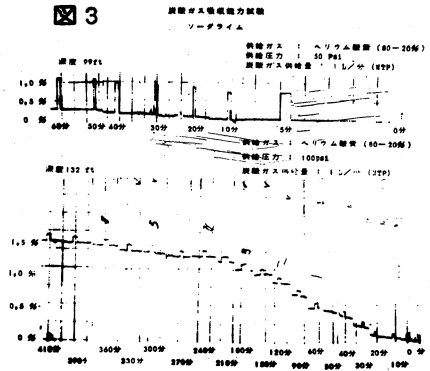


図4

